

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP00/04607



REC'D 14 JUN 2000

WIPO

PCT

09/1743656

Bescheinigung

ESU

Die Philips Patentverwaltung GmbH in Hamburg/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Sensormatrix"

am 18. Mai 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Der Firmenname der Anmelderin wurde geändert in:
Philips Corporate Intellectual Property GmbH.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol
H 04 N 3/15 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

München, den 10. November 1999
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Seiler

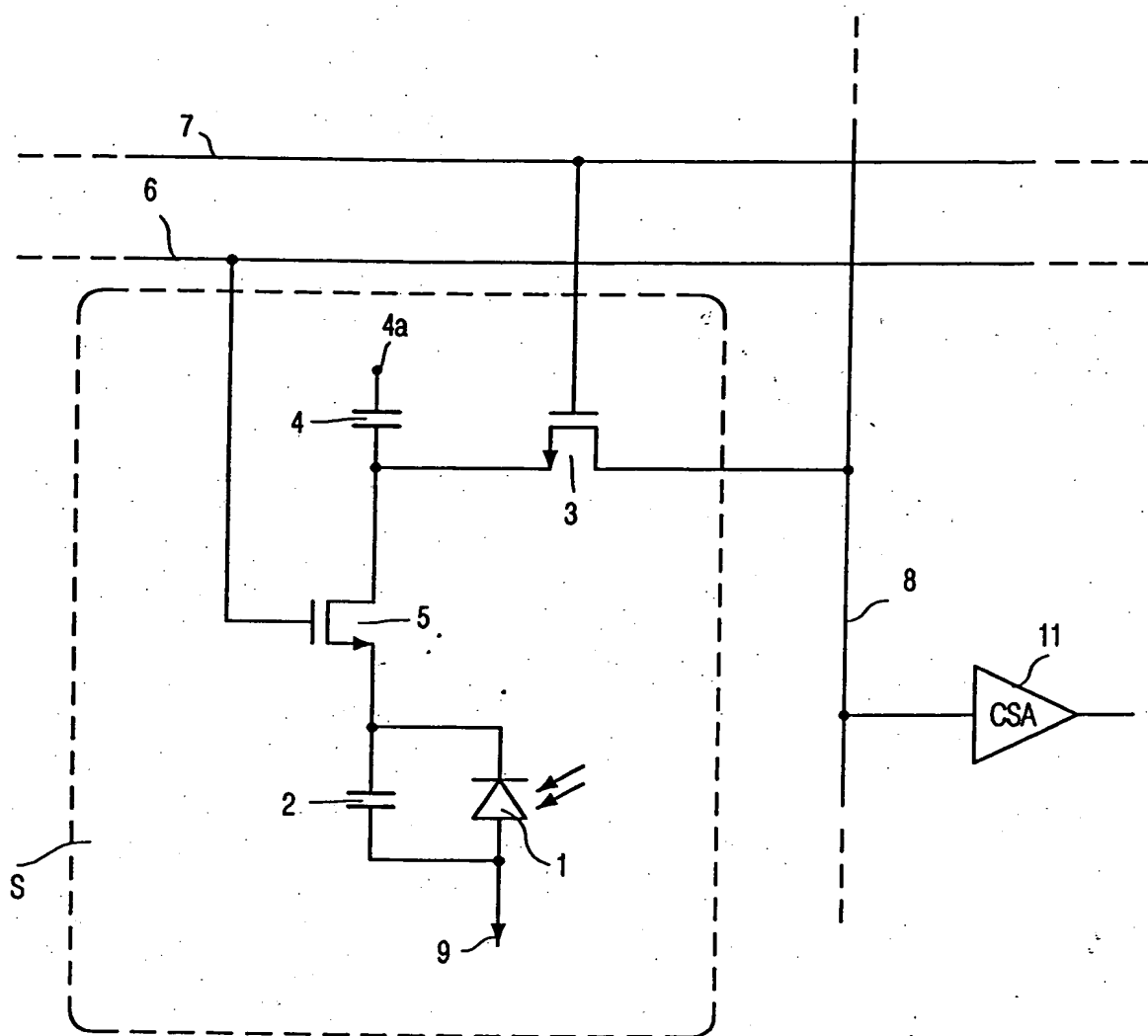
Aktenzeichen: 199 22 650.4

ZUSAMMENFASSUNG

Sensormatrix

- Die Erfindung betrifft eine Anordnung mit in einer Matrix in Zeilen und Spalten angeordneten licht- oder röntgenstrahlenempfindlichen Sensoren, die in Abhängigkeit der auftretenden Strahlungsmenge Ladungen erzeugen, wobei jeder Sensor jeweils ein Foto-
- 5 Sensorelement mit intrinsischer und/oder zu dessen Anschlüssen parallel geschalteter Speicherkapazität und jeweils einen Transistor aufweist, mit mindestens einer Schaltleitung je Sensoren-Zeile, über die die Transistoren aktivierbar sind, so daß die Ladungen der jeweils
- 10 aktivierten Sensoren S gleichzeitig über Ausleseleitungen 8 ausgelesen werden können, um je nach Betriebsweise der Anordnung das Schaltrauschen, das durch den Auslesevorgang der Sensoren verursacht wird, zu reduzieren und/oder eine höhere Bildwiederholrate, stabilere Betriebsbedingungen des Foto-Sensorelements, auch bei größeren Signalen, sowie eine Vergrößerung des dynamischen Bereichs des Foto-Sensorelements zu ermöglichen, indem jeder Sensor S einen weiteren direkt mit dem Foto-Sensorelement 1 verbundenen
- 15 Transistor 5 aufweist, der über mindestens eine Steuerleitung 6 aktivierbar ist und die beiden Transistoren 3, 5 jedes Sensors S in Reihe geschaltet sind und an der Verbindung der beiden Transistoren 3, 5 eine Elektrode einer weiteren Kapazität 4 angeschlossen ist.

Fig. 1





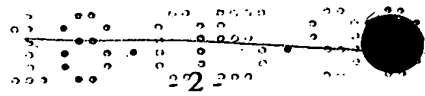
BESCHREIBUNG

Sensormatrix

- Die Erfindung betrifft eine Anordnung mit in einer Matrix in Zeilen und Spalten angeordneten licht- oder röntgenstrahlenempfindlichen Sensoren, die in Abhängigkeit der auftreffenden Strahlungsmenge Ladungen erzeugen, wobei jeder Sensor jeweils ein Foto-Sensorelement mit intrinsischer und/oder zu dessen Anschlüssen parallel geschalteter Speicherkapazität und jeweils einen Transistor aufweist, mit mindestens einer Schaltleitung je Sensoren-Zeile, über die die Transistoren aktivierbar sind, so daß die Ladungen der jeweils aktivierten Sensoren S gleichzeitig über Ausleseleitungen 8 ausgelesen werden können.
- 10 Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb der Anordnung.

- Eine derartige Anordnung ist aus der EP 0 440 282 A2 bekannt. Insbesondere bei Anwendungen in der Röntgentechnik treffen auf die Sensoren nur geringe Röntgenstrahlendosen. Infolge dessen ist auch die elektrische Ladung, die in den Foto-Sensorelementen in Abhängigkeit der auftreffenden Strahlung erzeugt wird, nur sehr gering. Die geringen Ladungsmengen verursachen häufig Probleme, da das ausgelesene Signal mit starkem Rauschen überlagert ist. Um diesem Problem zu begegnen, weist der einzelne Sensor der Anordnung nach der EP 0 440 282 A2 eine möglichst große sensitive Oberfläche auf, um die Strahlungsempfindlichkeit zu vergrößern. Um die großen Oberflächen realisieren zu können, ist in jeder Ausleseleitung der Matrix nur ein Verstärker vorgesehen, der dazu dient, die ausgelesenen Signale aller Sensoren dieser Spalte zu verstärken.
- 15
- 20

- Es ist Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte Anordnung der eingangs genannten Art anzugeben und ein Verfahren zu deren Betrieb vorzuschlagen. Insbesondere soll je nach Betriebsweise der Anordnung das Schaltrauschen, das durch den Auslesevorgang der Sensoren verursacht wird, reduziert und/oder eine höhere Bildwiederholrate, stabilere Betriebsbedingungen des Foto-Sensorelements, auch bei größeren Signalen, sowie eine Vergrößerung des dynamischen Bereichs des Foto-Sensorelements ermöglicht werden.
- 25
- 30 Die Lösung der Aufgabe basiert auf dem Gedanken, einen weiteren, unabhängig von dem



ersten Transistor ansteuerbaren Transistor vorzusehen, der mit einer zusätzlichen Kapazität in jedem Sensor zusammenwirkt.

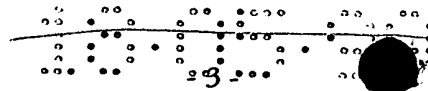
- Im einzelnen wird die Aufgabe bei einer Anordnung der eingangs erwähnten Art dadurch gelöst, daß jeder Sensor einen weiteren direkt mit dem Foto-Sensorelement verbundenen Transistor aufweist, der über mindestens eine Steuerleitung aktivierbar ist, daß die beiden Transistoren jedes Sensors in Reihe geschaltet sind und an der Verbindung der beiden Transistoren eine Elektrode einer weiteren Kapazität angeschlossen ist.
- 10 In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung sind beide Transistoren des Sensors als Feldeffekttransistoren ausgebildet, deren leitfähige Kanäle in Reihe geschaltet sind. Je nach Ansteuerung des Gate-Anschlusses des mit dem Foto-Sensorelement verbundenen Feldeffekttransistors über die Steuerleitung (Steuer-Feldeffekttransistor) lassen sich unterschiedliche Betriebsweisen der Anordnung realisieren. Die einzelnen Betriebsweisen ergeben sich aus den Verfahren zum Betrieb der erfindungsgemäßen Anordnungen gemäß den Ansprüchen 6 bis 8.

Der Gate-Anschluß des mit dem Steuer-Feldeffekttransistor in Reihe geschalteten Feldeffekttransistors (Schalt-Feldeffekttransistor) ist in an sich bekannter Weise mit der Schaltleitung verbunden, die zum Auslesen des Sensors aktiviert wird.

Entsprechend den bekannten Schaltleitungen kann je Sensoren-Zeile mindestens eine Steuerleitung zur Ansteuerung der weiteren Transistoren, insbesondere der Steuer-Feldeffekttransistoren vorgesehen sein. Es ist jedoch auch möglich, nur eine Steuerleitung zur Ansteuerung sämtlicher weiteren Transistoren der gesamten Matrix vorzusehen.

Um wirksam das Schaltrauschen des Schalt-Feldeffekttransistors zu reduzieren, wird in einer Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, daß die weitere Kapazität kleiner als die intrinsische und/oder die zu dem Foto-Sensorelement parallelgeschaltete Speicherkapazität ist.

Die Bauteile jedes Sensors können in einem Dünnsfilmsubstrat nebeneinander und/oder



übereinander angeordnet sein. Der zusätzliche Steuer-Feldeffekttransistor kann aus amorphem Silizium oder aus polykristallinem Silizium bestehen.

5 Wird die erfindungsgemäße Anordnung nach den Merkmalen des Anspruchs 6 betrieben, erzielt man eine kontinuierliche Ladungsübertragung auf die weitere Kapazität. Indem die Spannung an dem Foto-Sensorelement konstant gehalten wird, wird anstelle der Speicherkapazität die weitere Kapazität entladen, wenn Strahlung auf das Foto-Sensorelement fällt. Für diese Betriebsweise des Steuer-Feldeffekttransistors wird im folgenden die Bezeichnung "Ladungspumpe" verwendet. Folglich wird die weitere Kapazität während des Auslesens
10 über die Ausleseeleitung wieder aufgeladen. Wenn die weitere Kapazität kleiner als die Speicherkapazität ist, reduziert sich das Schaltrauschen, das proportional zur Größe der ausgelesenen Kapazität ist.

15 Da die Spannung an dem Foto-Sensorelement konstant gehalten wird, arbeitet das Foto-Sensorelement auch bei großen Signalen noch stabil, weil es ständig am gleichen Arbeitspunkt betrieben wird. Zusätzlich ergibt sich ein größerer dynamischer Bereich des Sensors, wenn der maximale Spannungshub über der weiteren Kapazität geeignet gewählt wird.

20 Eine gesteuerte Ladungsübertragung zwischen der Speicherkapazität und der weiteren Kapazität läßt sich durch einen Betrieb der erfindungsgemäßen Anordnung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 7 realisieren. Bei einer solchen Betriebsweise wird die Ladung von der weiteren Kapazität ausgelesen, während die auf dem Foto-Sensorelement auftreffende Strahlung auf der Speicherkapazität bereits neue Ladungen erzeugt. Hierzu wird der Steuer-Feldeffekttransistor zeitweise als Ladungspumpe betrieben.

25 Auch bei der gesteuerten Ladungsübertragung wirkt sich eine gegenüber der Speicherkapazität kleinere weitere Kapazität reduzierend auf das Schaltrauschen des Schalt-Feldeffekttransistors aus. Durch die zeitliche Überlappung der Ladungsintegration auf der Speicherkapazität und des Auslesens der weiteren Kapazität läßt diese Betriebsweise höhere
30 Bildwiederholraten zu, als dies bei bisherigen Anordnungen möglich war.

Bei einem Betrieb der erfindungsgemäßen Anordnung gem. den Merkmalen des An-

spruchs 8, wird die Speicherkapazität effektiv um die weitere Kapazität vergrößert. Bei einer gegebenen Vorspannung an dem Foto-Sensorelement, insbesondere einer Fotodiode wird deren dynamischer Bereich vergrößert.

- 5 Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Figur 1 näher erläutert, die einen Ausschnitt einer Sensormatrix zeigt.

In Figur 1 ist lediglich ein Ausschnitt einer erfindungsgemäßen Anordnung dargestellt, der lediglich einen röntgenstrahlempfindlichen Sensor S zeigt. Sämtliche Sensoren des Ausführungsbeispiels weisen n-Kanal-Feldeffekttransistoren auf. Selbstverständlich liegt es im Rahmen der Erfindung anders ausgeführte Feldeffekttransistoren zu verwenden.

In an sich bekannter Weise besteht eine Matrix aus einer Vielzahl, beispielsweise 2000 x 2000 Sensoren S, die in Zeilen und Spalten angeordnet sind. Die jeweils ersten Sensoren S einer Zeile der Matrix bilden zusammen die erste Spalte, die jeweils zweiten Sensoren jeder Zeile zusammen die zweite Spalte usw.

Jeder Sensor S weist ein Foto-Sensorelement auf. Dieses Foto-Sensorelement kann bei Einsatz geeigneter Halbleiter selbst bereits für Röntgenstrahlen empfindlich sein. Es kann sich aber auch um eine lichtempfindliche Fotodiode 1 handeln, die dann Licht empfängt, wenn auf eine über ihr angeordnete Szintillatorschicht Röntgenstrahlung trifft. Ohne Szintillatorschicht ist die Anordnung auch zur direkten Erfassung von Licht geeignet. Parallel zu den Anschlüssen der Fotodiode 1 ist eine Speicherkapazität 2 geschaltet. Die Anode der Fotodiode 1 sowie eine Elektrode der Speicherkapazität 2 sind mit einer allgemeinen Elektrode 9 verbunden, welche diese mit einer negativen Gleichspannung vorspannt. Die Kathode der Fotodiode 1 sowie die andere Elektrode der Speicherkapazität 2 sind mit einem Source-Anschluß eines Steuer-Feldeffekttransistors 5 verbunden. Der Drain-Anschluß dieses Steuer-Feldeffekttransistors 5 ist wiederum mit einem Source-Anschluß eines Schalt-Feldeffekttransistors 3 verbunden.

30

Trifft auf die Fotodiode 1 Strahlung auf, werden in der Fotodiode 1 Ladungsträgerpaare (Ladungen) erzeugt, wodurch die geladene Speicherkapazität teilweise entladen wird. Die



Entladung hängt von der Anzahl der auf die Fotodiode 1 auftreffenden Photonen ab. Durch Ausgleichen der jeweils fehlenden Ladung über die leitfähigen Kanäle der Feldeffekttransistoren 3, 5 läßt sich jeder Sensor einzeln auslesen. Dazu ist für jede Zeile der Sensormatrix eine Steuerleitung 6 und eine Schaltleitung 7 vorgesehen. Die Schaltleitung 7 ist mit den Gate-Anschlüssen der Schalt-Feldeffekttransistoren 3 und die Steuerleitung mit den Gate-Anschlüssen der Steuer-Feldeffekttransistoren 5 der Sensoren S verbunden.

Die Schalt- und Steuerleitungen 6, 7 aktivieren somit die Feldeffekttransistoren 3, 5 der ihnen zugeordneten Zeile der Matrix. Sie werden beispielsweise mittels einer in der Figur nicht dargestellten, an sich bekannten Treiberschaltung angesteuert, die verschiedene analoge Steuerspannungen auf die Leitungen 6, 7 aufschaltet. Die Treiberschaltung dient dazu, zum Auslesen der in den Sensoren S gespeicherten Ladungen die Zeilen der Sensormatrix nacheinander zu aktivieren.

- 15 Für jede Spalte der Matrix ist in bekannter Weise eine Ausleseleitung 8 vorgesehen. Die Ausleseleitungen 8 sind sämtlich mit den Drain-Anschlüssen der Schalt-Feldeffekttransistoren 3 der Sensoren der jeweiligen Spalte verbunden. Regelmäßig ist jeder Ausleseleitung 8 ein Verstärker 11 zugeordnet, der die in den einzelnen Sensoren S zeilenweise fließenden Ladungen integriert. Diese Verstärker 11 sind einem nicht dargestellten Analogmultiplexer vorgeschaltet, dessen Eingänge mit den Ausgängen der Verstärker verbunden sind. In dem Analogmultiplexer werden die gleichzeitig und parallel eintreffenden Ladungen aus jeweils einer Zeile der Matrix in ein serielles Signal umgesetzt, das zur Weiterverarbeitung an einem seriellen Ausgang des Analogmultiplexers zur Verfügung steht.
- 20
- 25 An dem Drain-Anschluß des Steuer-Feldeffekttransistors 5 bzw. dem Source-Anschluß des Schalt-Feldeffekttransistors 3 ist eine Elektrode einer weiteren Kapazität 4 angeschlossen, deren andere Elektrode 4a ebenfalls an der allgemeinen Elektrode 9 oder einer davon unabhängigen allgemeinen Elektrode angeschlossen ist. Es liegt im Rahmen der Erfindung, in die Verbindung zwischen Steuer-Feldeffekttransistor 5 und Schalt-Feldeffekttransistors 3
- 30 jedes Sensors S einen oder mehrere Kaskodetransistoren zu schalten, um die Drain-Spannung am Steuer-Feldeffekttransistor 5 zu stabilisieren.

Die weitere Kapazität 4 erlaubt in Verbindung mit dem Steuer-Feldeffekttransistor 5, dessen Gate-Anschluß über die Steuerleitung 6 angesteuert wird, folgende Betriebsweisen der einzelnen Sensoren S der erfindungsgemäßen Anordnung:

5 A. Kontinuierliche Ladungsübertragung

Indem eine geeignete Spannung über die Steuerleitung 6 an den Gate-Anschluß des Steuer-Feldeffekttransistors 5 angelegt wird, kann dieser als Ladungspumpe arbeiten. Geeignet ist eine Spannung, wenn der Steuer-Feldeffekttransistor 5 im Sättigungsbereich
10 arbeitet. Hierdurch wird die an der Fotodiode 1 und der Speicherkapazität 2 anliegende Spannung konstant gehalten.

Wenn in diesem Betriebsmodus des Sensors S auf die Fotodiode 1 Strahlung auftrifft, wird nicht mehr die Speicherkapazität 2 der Fotodiode 1 entladen, sondern die weitere Kapa-
15 zität 4. Wird nun der Schalt-Feldeffekttransistor 3 zum Auslesen geschlossen, wird die weitere Kapazität 4 während des Auslesens der Ladung über die Ausseleleitung 8 wieder aufgeladen.

20 B. Gesteuerte Ladungsübertragung

Die Ladungsübertragung von der weiteren Kapazität 4 auf die Speicherkapazität 2 wird durch die Spannung an der Steuerleitung 6 bestimmt. Aufgrund dieses Zusammenhangs ist es möglich, in bestimmten Phasen der Bilddatenaquisition die unter A. beschriebene La-
25 dungsübertragung zu unterbinden, indem über die Steuerleitung 6 an den Gate-Anschluß des Feldeffekttransistors 5 eine im Verhältnis zur Spannung am Source-Anschluß negative Spannung angelegt wird, so daß der Steuer-Feldeffekttransistor 5 sperrt.

Durch Unterbinden der Ladungsübertragung wird zunächst lediglich die Speicherkapazität 2 entladen und erst anschließend aus der weiteren Kapazität 4 wieder aufgeladen. Das Aus-
30 gleichen der Ladung auf der weiteren Kapazität 4 über den aktivierten Schalt-Feldeffekttransistor 3 und die Ausseleleitung 8 kann dann stattfinden, wenn auf die Fotodiode 1 bereits wieder Strahlung auftrifft und die Kapazität 2 entladen wird.



C. Vergrößerung der Speicherkapazität

Indem eine im Verhältnis zur Spannung am Source-Anschluß große positive Spannung am Gate-Anschluß des Steuer-Feldeffekttransistors 5 angelegt wird, wird dessen Kanal leitfähig. Indem diese Spannung aufrecht erhalten wird, wird eine ständige Verbindung zwischen der Speicherkapazität 2 und der weiteren Kapazität 4 hergestellt. Im Ergebnis ist daher die Gesamtkapazität, die zur Fotodiode 1 parallelgeschaltet ist, um die zusätzliche Kapazität 4 vergrößert. Durch diese Maßnahme läßt sich der dynamische Bereich der Fotodiode 1 bei gegebener Vorspannung vergrößern.

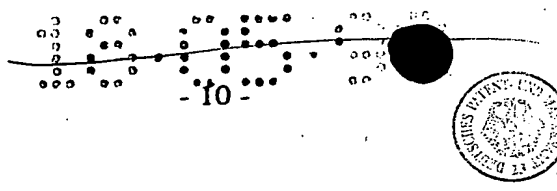


PATENTANSPRÜCHE

1. Anordnung mit in einer Matrix in Zeilen und Spalten angeordneten licht- oder röntgenstrahlenempfindlichen Sensoren (S), die in Abhängigkeit der auftreffenden Strahlungsmenge Ladungen erzeugen, wobei jeder Sensor (S) jeweils ein Foto-Sensorelement (1) mit intrinsischer und/oder zu dessen Anschlüssen parallel geschalteter Speicherkapazität (2) und jeweils einen Transistor (3) aufweist, mit mindestens einer Schaltleitung (7) je Sensoren-Zeile, über die die Transistoren (3) aktivierbar sind, so daß die Ladungen der jeweils aktivierten Sensoren (S) gleichzeitig über Ausselektungen (8) ausgelesen werden können, dadurch gekennzeichnet,
- 10 daß jeder Sensor (S) einen weiteren direkt mit dem Foto-Sensorelement (1) verbundenen Transistor (5) aufweist, der über mindestens eine Steuerleitung (6) aktivierbar ist, daß die beiden Transistoren (3, 5) jedes Sensors (S) in Reihe geschaltet sind und an der Verbindung der beiden Transistoren (3, 5) eine Elektrode einer weiteren Kapazität (4) angeschlossen ist.
- 15 2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die weiteren Transistoren (5) über mindestens eine Steuerleitung (6) je Sensoren-Zeile oder eine Steuerleitung für die gesamte Matrix aktivierbar sind.
- 20 3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß beide Transistoren (3, 5) jedes Sensors als Feldeffekttransistoren ausgebildet sind, deren leitfähige Kanäle in Reihe geschaltet sind, wobei der Gate-Anschluß des mit dem Foto-Sensorelement (1) verbundenen Steuer-Feldeffekttransistors (5) mit der Steuerleitung
- 25 (6) und der Gate-Anschluß des in Reihe geschalteten Schalt-Feldeffekttransistors (3) mit der Schaltleitung (7) verbunden ist.



4. Anordnung nach Anspruch 1 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die weitere Kapazität (4) kleiner als die Speicherkapazität (2) ist.
- 5 5. Anordnung nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Bestandteile des Sensors (5) in einem Dünnsfilmsubstrat übereinander und/oder nebeneinander angeordnet sind.
- 10 6. Verfahren zum Betrieb einer Anordnung nach einem der Ansprüche 3 - 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die an dem Gate-Anschluß des Steuer-Feldeffekttransistors (5) jedes Sensors (S) anliegende Spannung so gewählt wird, daß dieser die Spannung an dem Foto-Sensorelement(1) konstant hält und somit als Ladungspumpe arbeitet.
- 15 7. Verfahren zum Betrieb einer Anordnung nach einem der Ansprüche 3 - 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß der leitfähige Kanal des Steuer-Feldeffekttransistors (5) jedes Sensors (S) während der Ladungsintegration der auf dem Foto-Sensorelement (1) auftreffenden Strahlung auf die
20 Speicherkapazität (2) gesperrt wird und daß die Ladung anschließend durch Entsperrern des leitfähigen Kanals auf die weitere Kapazität (4) übertragen und von dort durch Entsperrern des leitfähigen Kanals des Schalt-Feldeffekttransistors (3) ausgelesen wird.
- 25 8. Verfahren zum Betrieb einer Anordnung nach einem der Ansprüche 3 - 5 ,
dadurch gekennzeichnet,
daß die an dem Gate-Anschluß des Steuer-Feldeffekttransistors (5) anliegende Spannung jedes Sensors (S) so groß gewählt wird, daß dessen leitfähiger Kanal die Speicherkapazität (2) direkt mit der weiteren Kapazität (4) verbindet.



9. Verwendung der Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 in einem Röntgen-Untersuchungsgerät.

